

# 治具レスでの工業製品の組立を目指した 低自由度汎用ハンドの設計と把持戦略の計画

60200105 福西聖也

発表日 10 月 17 日

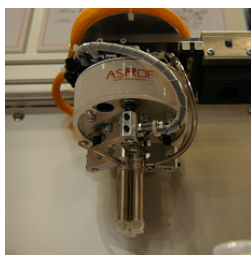
## 1 提案するハンドについて

### 1.1 提案する回転機構を有するチャック型ハンドのような機構が、実際の現場で取り入れられている事例があれば教えてほしい

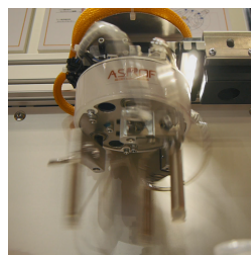
Fig. 1 に示すように、カワダロボティクス [1] がそれぞれの指が回転し、指の先端に吸着機構が搭載されているハンドを実用化した例が見受けられる。

### 1.2 提案した二台のハンドの使用対象の違いを詳しく知りたい

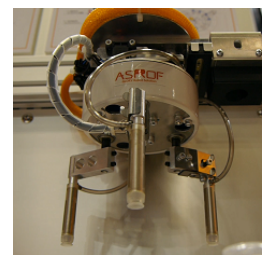
Fig. 2 に示すような電動ドライバを内蔵した平行グリッパでは、主に対象製品のネジの把持から締結までを行ったり、チャック型平行スティック三指ハンドが作業台面に置かれた部品の底面側で把持したい時に、平行グリッパで一旦部品を把持して、チャック型平行スティック三指ハンドで部品の底面側を把持できるように互いに部品の受け渡しをするために用いる。Fig. 3 に示す回転機構を有するチャック型平行スティック三指ハンドでは、対象製品のネジ締結作業以外の、厳しい位置決め精度が必要な部品の挿入作業を行う。



(a) State 1



(b) State 2



(c) State 3

Fig. 1 Example that a chuck-type robotic hand with three rotational parallel stick fingers is used in manufacturing

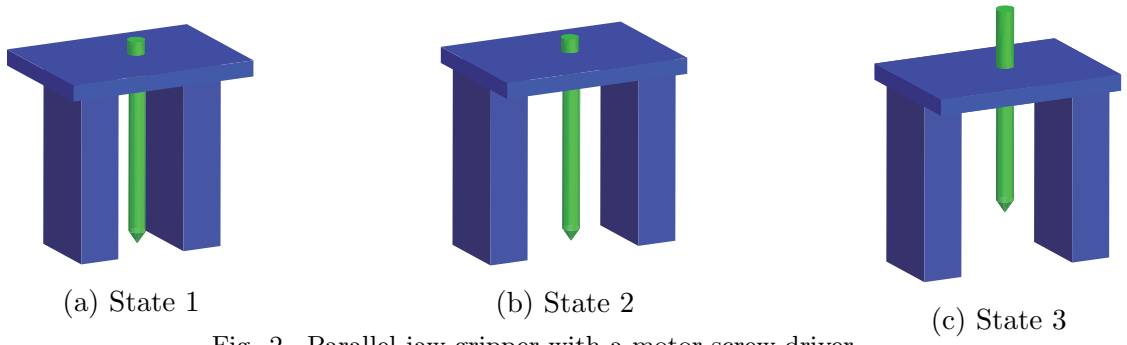


Fig. 2 Parallel-jaw gripper with a motor screw driver

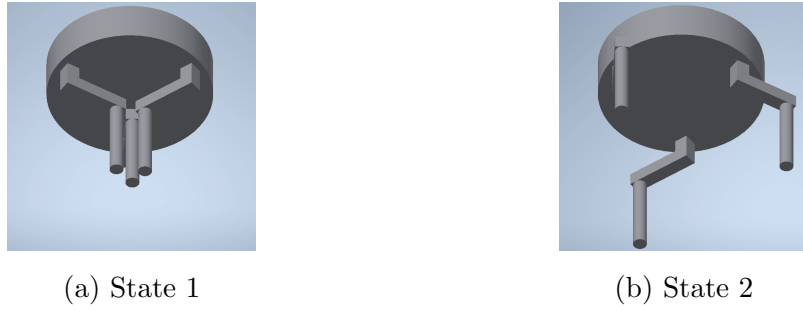


Fig. 3 Chuck-type robotic hand with three rotational parallel stick fingers

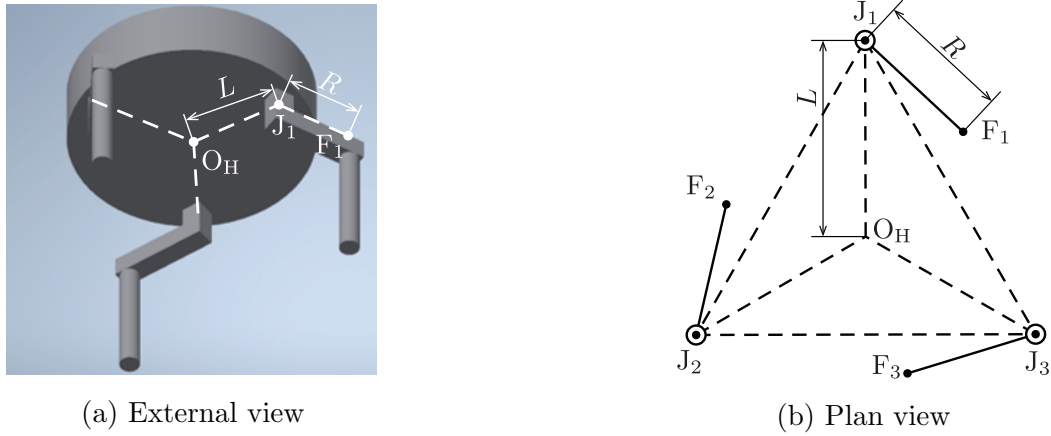


Fig. 4 Hand parameters of the chuck-type robotic hand with three rotational parallel stick fingers

### 1.3 モックアップでは直動だったが、回転機構にする際に難しい点はあるか

回転機構のチャック型平行スティック三指ハンドの機構設計を行う際に、直動機構のハンドと異なり Fig. 4 に示すようにハンドの中心から指の回転中心までの距離  $L$  と指の回転中心から指の中心位置までの距離  $R$  を、ハンドに搭載するモータの駆動力が最小限となるような値を取るよう計算する必要があるため、直動機構と比べて難しいと言える。

### 1.4 提案するハンドで把持しにくいものはあるか

モックアップで把持した状態から組付け作業を考えた際には把持しにくい部品は無かったが、把持するまでの戦略を考えたときに、本研究では問題設定として作業台上に部品が置かれていること

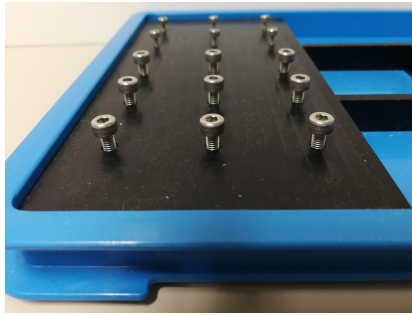


Fig. 5 Arrangement of the screws of the belt drive unit

を想定しているが、それらの部品が更にトレイの中に供給されていることを想定するならば、部品を把持する際にハンドの指がトレイに衝突してしまい、うまく把持できない恐れもある。

### 1.5 ネジを把持している動画を拝見して、ネジを回していないように見受けられたが、それは良いのか

平行グリッパのモックアップに関しては現時点で未完成であり、電動ドライバを模した中央の棒の先端に、ネジの頭に収まる大きさの六角レンチの棒を組み込み、ネジの頭部に空いている六角レンチ用の穴に電動ドライバの先端部が入ることを確認できるように改良する予定である。ただし、モックアップで直接ネジを回して締結が完了するところまで確認する予定は無い。

### 1.6 ネジを把持する際に、ネジの頭が真上を向かずにネジ穴に挿入できないことは無いのか

今回想定しているネジの初期状態として、Fig. 5に示すようにトレイ上にネジを立てるための穴が空いており、ネジの頭が作業台水平面に対して鉛直上向きになるような状態を想定しているため、一定の位置決め精度を得ることは可能であると考えている。

## 2 把持計画について

### 2.1 最適化問題の設定に関して、「すべての外レンチに抗する指先力」と言及していたが、指が動けない方向にかかる力も考えているのか

考えている。指が対象部品と接触する時、Fig. 6に示すように対象部品と指の接触点  $C$  には指先力  $f_C$  が発生する。 $f_C$  は、線分  $JC$  と垂直な成分  $f_{C1}$  と、その線分に平行な成分  $f_{C2}$  に分解して考えることができる。このとき、 $f_{C1}$  は指が動く方向の力となり、 $f_{C2}$  は指が動かない方向の力となる。本研究では、 $f_C$  は摩擦円錐内もしくは境界上に存在するとしており、 $f_{C1}$  だけでなく、先に述べたように  $f_{C2}$  も考えている。

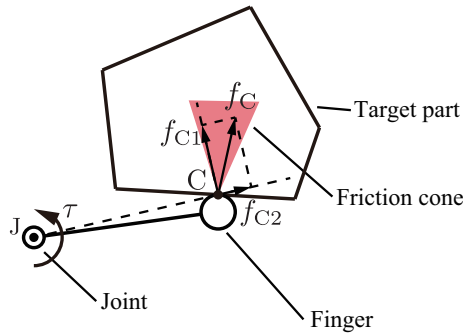


Fig. 6 Finger force and friction cone when the finger contacts the target part

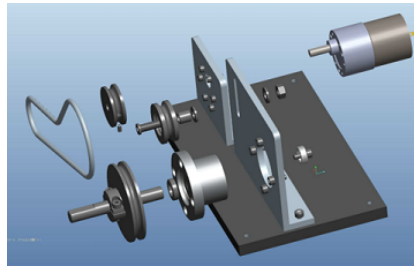


Fig. 7 Exploded diagram of the belt drive unit [2]

## 2.2 対象製品としてベルトドライブユニットを選んだことは妥当なのか

2018 年にロボットの国際競技会である World Robot Summit 2018（以下，WRS とする）が開催され [2]，その大会の四つのカテゴリのうち，ものづくりカテゴリとよばれる新たな生産システムとなるようなロボットシステムの競技が開催された．その競技では，Fig. 7 に示すようなベルトドライブユニット [3] とよばれる製品の組立を行う種目があり，世界中の大学や企業から構成された 16 チームが様々なアプローチで製品の組立を目指したが，組立に成功したチームはわずか 1 チームであった．これは，ベルトドライブユニットは多形状かつ大小様々な部品から構成され，中には柔軟部品としてゴムベルトが含まれており，ロボットハンドの汎用性が大きく求められていたことに起因すると考えられる．さらに，対象製品のはめ合い作業には，深溝玉軸受が 0 級で，挿入する軸の公差が h7 となる作業がある．これは JIS 規格に該当するはめあいでは無いが，中間はめ程度であると考えられ，それ相応の精度の部品の位置決めを行い，はめ合い作業を行う必要がある．これらのことから，提案したハンドの汎用性の高さを証明するためにベルトドライブユニットを対象製品として選んだことは妥当である．

## 2.3 センサ無しで組立とあるが，部品の初期位置および姿勢は既知なのか

既知である．あらかじめ安価なカメラセンサなどで mm 単位の精度で部品の初期位置および姿勢を検知する．

## 2.4 他の院生の発表で、ハンドの指先にゴムを取り付けているものを見たが、このハンドはゴムがなくても十分に摩擦力は働くのか

本研究における平行スティック三指ハンドにおいて、把持に十分なモータの駆動力を与えることで摩擦力が十分に働く指先力を発揮できることを理論で確認している。なお、他の院生の研究でハンドの指先にゴムを取り付けているものは、部品の姿勢を変更するために取り付けられている。

## 2.5 把持するまでの過程は研究に含まれないのか

部品を把持するまでの過程も本研究で取り扱うことを考えているが、把持するための部品の位置決めを行う手法は現在検討中である。

## 2.6 組立手順のバリエーションは他に考えているのか

他のバリエーションは考えておらず、現在提案した組立手順での実現性を検証している。

## 2.7 評価方法として、ベルトドライブユニットの組立作業を実現できるかを議論しているが、それを実現することで十分汎用性があると言って良いのか

ベルトドライブユニットは Fig. 7 に示すように大小様々な形状の部品から構成されており、これらの部品の組付け作業を同一のハンドで実現できれば、そのハンドに汎用性があると言える。

# 3 要求外レンチ集合について

## 3.1 凸包および要求外レンチ集合とはどのようなものか

凸包とは、与えられた点の集合をすべて含む集合の中で最小の凸多面体のことであり、本研究では、それぞれの部品をハンドで把持したときの重力や外乱による外レンチ（外力と外モーメント）によって生成する凸包を要求外レンチ集合と呼んでいる。

## 3.2 要求外レンチ集合がどのような値を取れば良いのか

特にどんな値を取るのかは期待していない。あくまで要求外レンチ集合はハンドに必要なモータの駆動力を最小化するために生成しており、要求外レンチ集合自体を最適化することではない。

# 参考文献

- [1] NEXTAGE — カワダロボティクス株式会社 | KTI KAWADA GROUP, <http://www.kawadarobot.co.jp/nextage/>, 24 Oct. 2019 accessed.

- [2] World Robot Summit (ワールドロボットサミット) , <https://worldrobotsummit.org/>, 29 Oct. 2019 accessed.
- [3] The Industrial Robotics Competition Committee:  
“Industrial Robotics Category Assembly Challenge Rules and Regulations 2018,”  
[http://worldrobotsummit.org/download/rulebook-en/rulebook-Assembly\\_Challenge.pdf](http://worldrobotsummit.org/download/rulebook-en/rulebook-Assembly_Challenge.pdf),  
2018.